温度对微小花蝽生长发育和繁殖的影响

丁 尧, 杨群芳*, 李 庆, 蒋春先, 王海建

(四川农业大学农学院, 成都 611130)

摘要:【目的】明确温度对微小花蝽 *Orius minutus* 生长发育和繁殖的影响。【方法】本研究以腐食酪螨 *Tyrophagus putrescentiae* 为猎物,分别在5个恒温(15, 20, 25, 30和35℃)条件下室内饲养,调查了温度对微小花蝽各虫态发育历期、存活率、成虫繁殖力以及种群参数的影响。【结果】在15~35℃范围内,各虫态平均发育历期均随温度升高而缩短,15℃下完成一个世代发育需要52.45 d,而35℃下仅需14.85 d。直线回归分析表明,微小花蝽世代发育起点温度为8.89℃,有效积温为359.20日·度。世代存活率和单雌平均产卵量均在25℃时最高,分别为17.07%和41.00粒。种群趋势指数在15℃和35℃下小于1,种群呈负增长;20~30℃下大于1,且25℃时最高,为3.92。净增殖率、内禀增长率和周限增长率均在25℃时最高,分别为3.32,0.04和1.04;种群世代周期以15℃时最长,为57.76 d,35℃时最短,为17.50 d。【结论】取食腐食酪螨的微小花蝽发育适宜温度范围为25~35℃,存活、繁殖和种群增长的最适温度均为25℃。这些结果为利用腐食酪螨人工饲养微小花蝽提供了基础参考数据。

关键词: 微小花蝽; 温度; 发育; 繁殖; 发育起点温度; 有效积温; 种群参数

中图分类号: Q968　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 0454-6296(2016)06-0647-07

Effects of temperature on the development and reproduction of *Orius minutus* (Hemiptera: Anthocoridae)

DING Yao, YANG Qun-Fang*, LI Qing, JIANG Chun-Xian, WANG Hai-Jian (College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract:【Aim】To illustrate the influences of temperature on the development and reproduction of experimental populations of *Orius minutus*.【Methods】At a temperature gradient (15, 20, 25, 30 and 35℃), the developmental duration, survival rate, fecundity and population parameters of *O. minutus* on prey *Tyrophagus putrescentiae* were investigated in the laboratory.【Results】Within the constant temperatures ranging from 15 to 35℃, the average duration of various developmental stages of *O. minutus* shortened as the temperature rose gradually. *O. minutus* needed 52.45 d to complete a life cycle at 15℃, while needed 14.85 d at 35℃. The linear regression analysis showed that the developmental threshold temperature for *O. minutus* was 8.89℃, and its effective cumulative temperature was 359.20 day-degree. The generation survival rate and the number of eggs laid per female peaked at 25℃, being 17.07% and 41.00, respectively. The population trend index was less than 1 at 15 and 35℃, demonstrating that the mean population growth is negative. On the contrary, the population trend index was greater than 1 at 20 -30℃ and reached the maximum (3.92) at 25℃. The net reproductive rate, the intrinsic rate of increase and the finite rate of increase peaked at 25℃, being 3.32, 0.04 and 1.04, respectively. The generation time of the population was the longest (57.76 d) at 15℃, but the shortest (17.50 d) at 35℃.【Conclusion】The most suitable temperature range for the development of *O. minutus*

作者简介: 丁尧, 女, 1991年4月生, 贵州都匀人, 硕士研究生, 研究方向为害虫生物防治, E-mail: dingyao5757@163.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: lmk94811@163.com

收稿日期 Received: 2016-04-15; 接受日期 Accepted: 2016-06-02

on *T. putrescenia*e is 25 – 35℃, while the most suitable temperature for its survival, reproduction and the population growth is 25℃. These results provide the basic reference data for artificial rearing of *O. minutus* using *T. putrescenia*e.

Key words: *Orius minutus*; temperature; development; reproduction; developmental threshold temperature; effective accumulated temperature; population parameters

小花蝽 *Orius* spp. 隶属半翅目(Hemiptera)花蝽科(Anthocoridae),是一类很有价值的捕食性天敌昆虫,主要取食叶螨、蓟马、蚜虫和粉虱等小型农林业害虫(孙晓会等, 2009; 武予清等, 2010; 郅军锐等, 2011)。目前,国内外对东亚小花蝽 *Orius sauteri* (Poppius)和南方小花蝽 *Orius similis* Zheng 研究报道较多,而对微小花蝽 *Orius minutus* (L.)的报道较少,且主要集中在其对猎物的捕食作用和光周期对其滞育的影响等方面(Kohno, 1997; Ito *et al*., 1998; 吴忠华, 2005; 张世泽等, 2006; 汤方等, 2007; Fathi *et al*., 2009; 卢永宏等, 2011; 李向永等, 2011; Tuda *et al*., 2002)。有关温度对微小花蝽实验种群增长的影响,仅见雷朝亮等(1990)以棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 为猎物饲养的研究报道,且文献久远,同时缺乏有关温度对微小花蝽生长发育和繁殖的详实数据。

腐食酪螨 *Tyrophagus putrescenia*e (Schrank)属蜱螨亚纲(Acari)真螨目(Acariformes)粉螨科(Acaridae),是一种储藏物害螨,易于工厂化饲养。本文以腐食酪螨为猎物,在室内恒温条件下研究了温度对微小花蝽实验种群发育历期、存活率、成虫繁殖力以及种群参数的影响,以期为室内利用腐食酪螨大规模人工饲养提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

微小花蝽成虫采自四川农业大学成都校区附近农田茄子叶片上。用小号毛笔将自田间采回的微小花蝽成虫配对,置于培养皿(d = 6 cm)内,在人工气候箱(温度 25 ± 1℃,相对湿度 70% ± 5%,光周期 16L∶8D)内用腐食酪螨饲养,并以四季豆豆荚为产卵基质,待其产卵备用。

腐食酪螨由重庆西南大学昆虫实验室提供,用工业酵母粉在人工气候箱(温度 20 ± 1℃,相对湿度 70% ± 5%,光周期 16L∶8D)内饲养,以待备用。

1.2 饲养和观察方法

试验共设置 15, 20, 25, 30 和 35℃ 5 个温度处理,相对湿度为 70% ± 5%,光周期 16L∶8D,5 次重复。

将带有初产卵的豆荚置于培养皿内,每天观察卵的孵化情况,待若虫孵化后,用毛笔将初孵若虫轻轻挑出,接入培养皿内单头饲养,并挑入足量腐食酪螨供其取食,每个温度处理 30 ~ 50 头,每天定时观察记载蜕皮和存活情况;成虫羽化后,配对饲养于培养皿内,挑入足量的腐食酪螨,并放入四季豆豆荚和小块刀豆叶片以提供产卵和活动场所,一皿 1 对,每个温度处理 10 ~ 20 对,每天定时观察记载产卵前期、产卵量、寿命,并及时将初产卵的豆荚置于培养皿内,每个温度处理不少于 30 粒卵,每天观察记载 F_1 代卵的孵化情况。

饲养若虫和成虫时,每个培养皿底部垫有滤纸,以保湿和提供水源。

1.3 有效积温和发育起点温度计算方法

分别采用直线回归法(丁岩钦, 1994)和直接最优法(李典谟和王莽莽, 1986)计算发育起点温度 C 和有效积温 K。其中,直线回归法计算公式如下:

$$V = \frac{1}{D};$$

$$C = \frac{\sum V^2 \sum T - \sum V \sum V \sum VT}{n \sum V^2 - (\sum V)^2};$$

$$K = \frac{n \sum VT - \sum V \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2};$$

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n-2)}\left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{V}^2}{\sum (V - \bar{V})^2}\right]};$$

$$S_k = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n-2)\sum (V - \bar{V})^2}}。$$

式中:T 为试验温度,V 为发育速率,D 为发育历期, 为平均发育速率,T' 为理论温度,C 为发育起点温度,K 为有效积温,n 为处理数,S_c 和 S_k 分别为 C 和 K 的标准差。

直接最优法计算公式如下:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i T_i - \bar{D} \sum_{i=1}^{n} D_i T_i}{\sum_{i=1}^{n} D_i - n\bar{D}^2};$$

$$K = \frac{1}{n}[D_i(T_i - C)]。$$

式中：D 为发育历期，T 为温度，i 为温度处理，n 为处理数。

为比较两种计算方法所得结果的优劣，以不同方法算出来的各虫态的发育起点温度 C 为依据，根据方差 S^2 的大小计算变异系数 CV，计算公式为：

$$K_i = D_i(T_i - C)；\bar{K} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} K_i；$$

$$K^2 = \frac{i}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(\bar{K} - K_i)^2；CV = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{K}}。$$

式中：i 为温度处理，T_i 为实验所定的温度，D_i 为温度 T_i 下发育历期，K_i 为不同温度处理对应的有效积温，n 为处理数。

1.4　生命表参数的计算

根据各虫态存活率和雌虫产卵量实验数据，组建不同温度下微小花蝽实验种群生命表（吴坤君等，1978；伊汝湛，1980；徐汝梅等，2005）。净增殖率 R_0、种群世代周期 T、内禀增长率 r_m、周限增长率 λ 的计算参照 Birch（1948）的方法，种群加倍时间 t、瞬时出生率 b 和瞬时死亡率 d 的计算参照郅军锐（2002）的方法。

1.5　数据分析

实验所得数据利用 Excel 软件进行平均数及标准误计算，并利用 DPS 统计软件采用 Duncan 氏新复极差法在显著性水平 0.05 的条件下进行多重比较进行统计分析。微小花蝽不同虫态存活率图利用 Origin9.0 制作。

2　结果与分析

2.1　温度对微小花蝽各虫态发育历期的影响

在 15～35℃范围内，微小花蝽均能完成生长发育，且发育历期随温度的升高而缩短（表 1），15℃时完成一个世代发育需要 52.45 d，而 35℃下只需要 14.85 d。卵和若虫期在 15℃时发育历期分别为 15.39 d 和 28.87 d，35℃时发育历期均最短，分别为 3.50 d 和 9.23 d。

温度对微小花蝽各虫态发育历期影响显著（$P<0.05$）。卵、若虫和世代平均发育历期在 15℃时均显著加长，其次是 20℃时，而卵平均发育历期在 25℃、30℃和 35℃之间无显著差异，若虫和世代平均发育历期在 25℃时显著长于 30℃和 35℃。15℃～20℃时卵、若虫和世代平均发育历期为 25℃～35℃时的 2～3 倍左右。产卵前期在 15℃和 20℃时显著长于 25℃，30℃和 35℃时，前 2 个温度处理为后 3 个温度处理的 3 倍左右。

表 1　不同温度下微小花蝽各虫态的发育历期

Table 1　Duration of various developmental stages of *Orius minutus* at different temperatures

温度（℃）Temperature	发育历期 Developmental duration (d) 卵 Egg	1 龄若虫 1st instar nymph	2 龄若虫 2nd instar nymph	3 龄若虫 3rd instar nymph	4 龄若虫 4th instar nymph	5 龄若虫 5th instar nymph	总若虫期 Total nymphal stage	产卵前期 Preoviposition	世代 Generation
15	15.39±0.31 a (233)	6.21±0.33 a (171)	6.11±0.27 a (71)	5.53±0.25 a (44)	5.65±0.27 a (35)	6.37±0.29 a (26)	29.87±0.60 a (26)	6.20±0.30 a (19)	52.45±0.25 a (5)
20	9.19±0.27 b (175)	5.40±0.31 b (117)	4.69±0.25 b (84)	4.57±0.30 b (68)	4.56±0.25 b (60)	5.45±0.27 b (46)	24.30±0.72 b (46)	6.84±0.48 a (35)	40.84±0.69 b (11)
25	4.24±0.25 c (158)	2.61±0.20 c (130)	2.74±0.23 c (117)	2.17±0.24 c (105)	2.12±0.25 c (93)	3.24±0.26 c (76)	12.68±0.60 c (76)	2.22±0.20 b (60)	19.52±1.27 c (27)
30	3.66±0.31 c (160)	2.22±0.18 c (116)	2.34±0.20 cd (87)	1.78±0.18 c (70)	1.65±0.25 cd (59)	2.45±0.23 d (48)	10.44±0.60 d (48)	2.18±0.23 b (40)	15.84±1.39 cd (17)
35	3.50±0.26 c (210)	1.97±0.20 c (112)	2.02±0.19 d (58)	1.65±0.21 c (42)	1.36±0.18 d (29)	2.23±022 d (18)	9.23±0.40 d (18)	1.80±0.20 b (11)	14.85±1.05 d (2)

表中数据为平均数±标准误，同列数据后不同小写字母表示 Duncan 氏多重比较差异显著（$P<0.05$）；括号中数据为观察的虫数。Data in the table are mean ± SE, and different small letters following the data in the same column mean significant difference by Duncan's multiple range test ($P<0.05$). Numerals in bracket are the number of individuals observed.

2.2　微小花蝽各虫态的发育起点温度和有效积温

从两种算法的变异系数来看，用直线回归法计算发育起点温度和有效积温略优于直接最优法。以直线回归法计算结果为例，产卵前期的发育起点温度（10.68℃）最高，2 龄若虫的发育起点温度（5.99℃）最低，卵和若虫的发育起点温度分别为 10.11℃和 7.13℃；各虫态完成其发育阶段的有效积温以卵期最高，为 77.18 日·度，3 龄若虫期最低，为 40.43 日·度；微小花蝽世代发育起点温度为 8.89℃，有效积温为 359.20 日·度（表 2）。

表 2 微小花蝽各虫态的发育起点温度和有效积温

Table 2 Developmental threshold temperature and effective accumulated temperature of *Orius minutus* at different developmental stages

发育阶段 Developmental stage	直线回归法 Linear regression method			直接最优法 Direct optimal method		
	发育起点温度(℃) Developmental threshold temperature	有效积温(日·度) Effective accumulated temperature (degree-day)	变异系数(%) Coefficient of variance *CV*	发育起点温度(℃) Developmental threshold temperature	有效积温(日·度) Effective accumulated temperature (degree-day)	变异系数(%) Coefficient of variance *CV*
卵 Egg	10.11 ±0.44	77.18 ±2.05	0.14	3.71	123.91	0.29
1 龄若虫 1st instar nymph	7.97 ±0.48	50.51 ±1.32	0.17	3.36	68.02	0.20
2 龄若虫 2nd instar nymph	5.99 ±0.52	57.28 ±1.47	0.09	3.37	66.90	0.11
3 龄若虫 3rd instar nymph	8.66 ±0.47	40.43 ±1.11	0.17	3.15	58.06	0.22

2.3 温度对微小花蝽存活率的影响

若虫、卵-成虫、产卵前期及世代存活率在 15 ~ 25℃范围内均随温度的升高而升高,而卵存活率在 15 ~20℃范围内随温度升高降低,20 ~25℃范围内又随温度升高而升高。卵、若虫、卵-成虫、产卵前期及世代存活率均在 25℃时达最高,分别为 82%, 46.27%, 37.80%, 45.16% 和 17.07%,25 ~30℃时逐渐下降,高于 30℃时急剧下降,35℃时世代存活率仅为 0.71%(图 1)。

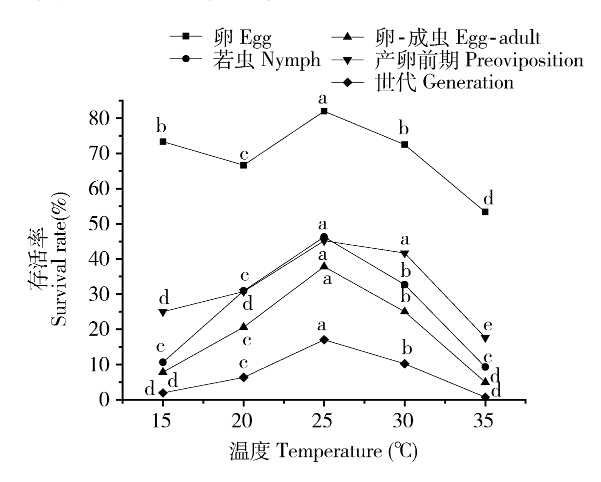


图 1 不同虫态微小花蝽在不同温度下的存活率

Fig. 1 Survival rate of different developmental stages of *Orius minutus* at different temperatures

图中同一折线数据上不同小写字母表示 Duncan 氏多重比较差异显著($P<0.05$)。In the figure, different small letters above the same fold-line mean significant difference by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

2.4 温度对微小花蝽成虫寿命和繁殖力的影响

成虫平均寿命在 15 ~35℃范围内均随温度升高而缩短,15℃时成虫平均寿命最长,雌、雄成虫分别为 30.86 d 和 29.34 d,30 ~35℃时雌、雄成虫平均寿命均显著短于25℃时,分别为7.36 ~2.82 d 和 6.40 ~2.54 d。单雌平均产卵量在 25℃时最高,达到41.00 粒,是15℃, 20℃和30℃的2 倍左右,35℃时最低,仅为 0.80 粒,几乎不产卵(表 3)。

2.5 不同温度条件下的实验种群生命表

根据不同温度处理下各发育阶段的存活率和成虫繁殖力数据,组建微小花蝽在不同温度下的实验种群生命表(表 4)。表中的起始卵数为假定数100,性比假设为 1∶1,各发育阶段的死亡率、雌虫平均产卵量按实际观察数据值。各龄期幼虫虫口数和雌虫数均以 25℃时最多,20℃和 30℃时较 25℃时均有所下降。预计下代产卵量也在 25℃时最大,为 392.37 粒/雌。15℃和 35℃时种群趋势指数均小于 1,种群呈负增长,20℃, 25℃和 30℃时,种群趋势指数均大于 1,下一代种群数量将增加,且以 25℃时种群增加数量最大,此温度下经过一代后,种群数量增加 3.92 倍。

2.6 不同温度条件下的种群特征参数

在 15 ~35℃范围内,净增殖率(R_0)、内禀增长率(r_m)和周限增长率(λ)均以 35℃时最小,25℃时最大,且 15℃和 35℃净增殖率(R_0)小于 1,种群负增长;种群世代周期(T)以 15℃时最长,35℃时最短;种群加倍时间(t)以 25℃时最短,20℃时最长;在 25℃时,瞬时出生率与瞬时死亡率之差最大,即内禀增长率最大,为 0.04(表 5)。

3 讨论

本研究结果表明,微小花蝽取食腐食酪螨时,在 15 ~35℃范围内均能完成生长发育和进行繁殖,其发育和繁殖的最适温分别为 25 ~35℃ 和 25℃。15℃时微小花蝽完成一个世代发育需要 52.45 d,而

表 3　不同温度对微小花蝽成虫繁殖的影响

Table 3　Influence of temperature on the reproduction of *Orius minutus* adults

温度(℃) Temperature	雌虫寿命(d) Female adult longevity	雄虫寿命(d) Male adult longevity	单雌平均产卵量 Number of eggs laid per female
15	30.86 ± 1.66 a (11)	29.34 ± 0.80 a (8)	18.80 ± 3.41 b (5)
20	20.22 ± 0.95 b (22)	18.72 ± 2.83 b (13)	23.40 ± 2.11 b (11)
25	15.02 ± 0.50 c (36)	14.02 ± 1.49 c (24)	41.00 ± 3.97 a (27)
30	7.36 ± 0.47 d (22)	6.40 ± 0.65 d (18)	19.20 ± 1.43 b (17)
35	2.82 ± 0.29 e (6)	2.54 ± 0.24 e (5)	0.80 ± 0.37 c (2)

表中数据为平均数 ± 标准误,同列数据后不同小写字母表示 Duncan 氏多重比较差异显著($P < 0.05$)。Data in the table are mean ± *SE*, and different small letters following the data in the same column mean significant difference by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

表 4　微小花蝽在不同温度下的实验种群生命表

Table 4　Life table of the experimental populations of *Orius minutus* at different temperatures

	进入各发育期虫数 Number of individuals at the beginning of different developmental stage				
	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃
起始卵数 Number of initial eggs	100	100	100	100	100
1 龄若虫 1st instar nymph	73.33	66.67	82.00	72.50	53.33
2 龄若虫 2nd instar nymph	44.94	53.77	73.80	57.73	38.29
3 龄若虫 3rd instar nymph	35.48	47.32	65.60	48.33	25.98
4 龄若虫 4th instar nymph	26.02	36.56	53.30	38.93	16.41
5 龄若虫 5th instar nymph	18.92	27.96	42.37	32.22	9.57
产卵前期 Preoviposition stage	4.73	8.60	19.13	10.54	1.69
雌虫数 Number of female adults	2.37	4.30	9.57	5.27	0.85
平均产卵量 Number of eggs laid per female	18.80	23.40	41.00	19.20	0.80
预计下代产卵数 Number of eggs laid by next generation expected	44.56	100.62	392.37	101.18	0.68
种群趋势指数(I) Population trend index	0.45	1.01	3.92	1.01	0.01

表 5　不用温度下微小花蝽实验种群繁殖特征参数

Table 5　Population parameters of *Orius minutus* at different temperatures

温度(℃) Temperature	净增殖率 Net reproductive rate R_0	种群世代周期 Mean generation period T	内禀增长率 Intrinsic rate of increase r_m	周限增长率 Finite rate of increase λ	种群加倍时间 Population doubling time t	瞬时出生率 Instantaneous birth rate b	瞬时死亡率 Instantaneous mortality d
15	0.41	57.76	0.00	0.98	—	0.00	0.00
20	1.75	44.20	0.01	1.01	69.31	0.13	0.12
25	3.32	27.40	0.04	1.04	17.33	2.24	2.20
30	1.58	21.18	0.02	1.02	34.66	0.30	0.28
35	0.04	17.50	0.00	0.84	—	0.00	0.00

35℃下仅需 14.85 d,单雌平均产卵量 25℃时为 15℃, 20℃和 30℃的 2 倍左右,35℃时仅为 0.80 粒,几乎不产卵。此外,种群趋势指数、预计下一代产卵数和内禀增长率(r_m)均以 25℃时为最大,其次为 30℃。

高温(35℃)和低温(15℃)都不利于微小花蝽的存活,若虫、卵-成虫、产卵前期及世代存活率在 15 ~25℃范围内均随温度的升高而升高,但是,20℃时微小花蝽卵孵化率反而低于 15℃,其原因可能与产卵基质有关。小花蝽产卵于寄主植物组织内,产卵基质直接影响卵的存活率(张士昶等, 2008)。虽然微小花蝽卵历期 15℃时(15.39 d)显著长于 20℃时(9.19 d),但实验中发现,20℃条件下四季豆豆荚较 15℃更易腐烂,从而导致 20℃时卵孵化率显著低于 15℃。此外,虽然微小花蝽存活的最适温为 25℃,但世代存活率也仅为 17.07%,其原因可能与成虫仅取食腐食酪螨有关。据报道,小花蝽成虫取食猎物的同时,如果添加花蜜或蜂蜜水,繁殖力将会得到明显提高(邱益三等, 1980; 张昌荣等, 2010)。笔者实验中也发现,羽化配对后的微小花

蝽成虫大多能够正常存活并有交配现象,却未见产卵,随后尝试用腐食酪螨、花粉和极少量的朱砂叶螨混合饲养微小花蝽,其有效交配率和产卵量得到了明显提高。

本文部分研究结果与雷朝亮等(1990)相关报道存在差异或不同。首先,以腐食酪螨为猎物时微小花蝽发育起点温度和有效积温与棉蚜为猎物时有一定的差异。以腐食酪螨为猎物时, 卵和若虫期发育起点温度分别为 10.11 和 7.13℃, 有效积温分别为 77.18 和 251.48 日·度,而以棉蚜为猎物时,卵和若虫期发育起点温度分别为 13.6℃ 和 8.0℃, 有效积温分别为和 55.15 和 270.1 日·度(雷朝亮等,1990),其原因可能与饲养猎物种类有关。已有研究表明,取食不同猎物种类对东亚小花蝽和南方小花蝽发育历期均有显著影响(杨淑斐等, 2009; 黄增玉等, 2011; 张昌荣等, 2012)。其次,微小花蝽以腐食酪螨为猎物,光周期为 16L∶8D 时在 15℃ 和 20℃ 的条件下均能产卵,且单雌产卵量分别为18.80 粒和 23.40 粒,而以棉蚜为猎物,光周期为 12L∶12D 时在 15℃ 和 20℃ 的条件下均不见产卵(雷朝亮等,1990)。造成这种截然不同结果的原因,是由于微小花蝽在光周期为 12L∶12D 时绝大部分雌成虫生殖滞育,但是滞育率随光照时间的增加而降低,当光照时间延长至 14 h 后,生殖滞育解除(Kohno,1997)。

此外,值得注意的是,采用直线回归法和直接最优法计算出的微小花蝽发育起点温度差异较大,卵和幼虫发育起点温度两种算法之间大约分别相差 6℃ 和 3℃。但是,从两种算法的变异系数来看,直线回归法优于直接最优法;同时,直线回归法计算出的产卵前期发育起点温度与各地小花蝽越冬雌成虫开始活动时的气温更吻合(孙源正等, 2000; 于毅等, 2000)。因此,人工饲养时应以 10.11℃ 和 7.13℃ 分别作为卵和幼虫的发育起点温度参考数据。

参考文献(References)

Birch LC, 1948. The intrinsic rate of natural increase in an insect population. *J. Anim. Ecol.*, 17: 15–26.

Ding YQ, 1994. Mathematical Ecology of Insect. Science Press, Beijing. 329–332. [丁岩钦, 1994. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社. 329–332]

Fashi SAA, Nouri-Ganbalani G, 2009. Prey preference of *Orius niger* (Wolf) and *O. minutus* (L.) from *Thrips tabaci* (Lind.) and *Tetanychus urticae* (Koch). *J. Entomol.*, 6(1): 42–48.

Huang ZY, Huang LM, Huang SS, 2011. Comparison of the effect of two prey species on the population growth of *Orius similis* Zheng and the implication for the control of *Tetranych usurticae* Koch. *Acta Ecologica Sinica*, 31(10): 2947–2952. [黄增玉, 黄林茂, 黄寿山, 2011. 两种猎物对南方小花蝽种群增长的影响及其对二斑叶螨的控害潜能. 生态学报, 31(10): 2947–2952]

Ito K, Nakata T, 1998. Diapause and survival in winter in two species of predatory bugs *Orius sauteri* and *O. minutus*. *Entomol. Exp. Appl.*, 89: 271–276.

Kohno K, 1997. Photoperiodic effects on incidence of reproductive diapauses in *Orius sauteri* and *O. minutus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 32: 644–648.

Lei CL, Zong LB, Zhong CZ, Pang JC, 1990. Effects of temperature on experimental population growth of *O. minutus*. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 9(1): 64–67. [雷朝亮, 宗良炳, 钟昌珍, 庞俊成, 1990. 温度对微小花蝽实验种群增长的影响. 华中农业大学学报, 9(1): 64–67]

Li DM, Wang MM, 1986. A study on fast estimation of developmental threshold temperature and effective accumulated temperature. *Entomological Knowledge*, 23(4): 184–187. [李典谟, 王莽莽, 1986. 快速估计发育起点温度及有效积温的研究. 昆虫知识, 23(4): 184–187]

Li XY, Chen FS, Zhao XQ, Yi YQ, Chen AD, 2011. The population dynamics of *Orius minutus* and predation on *Frankliniella occidentalis* in different planting model of *Rosa chinensis* (Jacq). *Journal of Environmental Entomology*, 33(3): 346–350. [李向永, 陈福寿, 赵雪晴, 尹艳琼, 谌爱东, 2011. 微小花蝽的发生及其对西花蓟马的捕食作用. 环境昆虫学报, 33 (3): 346–350]

Lu YH, Yang QF, 2011. Influence of starvation on predation by adult *Orius minutus*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 27(9): 400–402. [卢永宏, 杨群芳, 2011. 饥饿对微小花蝽成虫捕食作用的影响. 中国农学通报, 27(9): 400–402]

Qiu YS, Fan L, 1980. The biological characteristic of *O. minutus* and the control of cotton starscream preliminary test. *Insect Natural Enemies*, (2): 40–47. [邱益三, 范黎, 1980. 小花蝽的生物学特征与防治棉红蜘蛛的初步试验. 昆虫天敌, (2): 40–47]

Sun XH, Xu XN, Wang ED, 2009. The prey preference of *Orius sauteri* on western flower thrips and two-spotted spider mite. *Acta Ecologica Sinica*, 29(11): 6285–6291. [孙晓会, 徐学农, 王恩东, 2009. 东亚小花蝽对西方花蓟马和二斑叶螨的捕食选择性. 生态学报, 29(11): 6285–6291]

Sun YZ, Ren BZ, 2000. Shandong Agriculture Insect Pests. China Agriculture Press, Beijing. 69–72. [孙源正, 任宝珍主编, 2000. 山东农业害虫天敌. 北京: 中国农业出版社. 69–72]

Tang F, Li SC, Liu YS, Wang KY, Zhao KS, 2007. Predation of the predatory bug, *Orius minutus* on the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariarum*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(5): 703–706. [汤方, 李生臣, 刘玉升, 王开运, 赵克思, 2007. 微小花蝽对温室白粉虱的捕食作用. 昆虫知识, 44(5): 703–706]

Tuda M, Shima K, 2002. Relative importance of weather and density dependence on the dispersal and on-plant activity of the predator

Orius minutus. *Popul. Ecol*., 44(3)：251－257.

Wu KJ, Chen YP, Li MH, 1978. Life tables for experimental population of the cotton bollworm, *Heliothes armigera* (Hübner) at different temperatures. *Acta Entomologica Sinica*, 21(4)：385－392.［吴坤君，陈玉平，李明辉，1978. 不同温度下的棉铃虫实验种群生命表. 昆虫学报，21(4)：385－392］

Wu YQ, Zhao MQ, Yang SF, Duan Y, Jiang YL, 2010. Predations of *Orius sauteri* on four insect pests. *Chinese Journal of Biological Control*, 26(1)：13－17.［武予清，赵明茜，杨淑斐，段云，蒋月丽，2010. 东亚小花蝽对四种害虫的捕食作用. 中国生物防治，26(1)：13－17］

Wu ZH, 2005. Studies on Whitefly and Predatory *Orius minutus* in Vegetable Fields. MSc Thesis, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi.［吴忠华，2005. 菜田粉虱及天敌微小花蝽的研究. 山西太谷：山西农业大学硕士学位论文］

Xu RM, Cheng XY, 2005. Insect Population Ecology, Science Press, Beijing, Beijing. 41－51.［徐汝梅，成新跃，1987. 昆虫种群生态学. 北京：科学出版社. 41－51］

Yang SF, Wu YQ, Duan Y, Jiang YL, Shen XW, Liu ST, Gao XG, 2009. Influence of prey species on growth, development and reproduction of *Orius sauteri*. *Science Agricultura Sinica*, 42(3)：900－905.［杨淑斐，武予清，段云，蒋月丽，申小卫，刘顺通，高新国，2009. 猎物种类对东亚小花蝽生长发育繁殖的影响. 中国农业科学，42(3)：900－905］

Yi RZ, 1980. Production and analysis of insect life table. *Plant Protection*, 6(1)：31－38.［伊汝湛，1980. 昆虫生命表的制作与分析. 植物保护，6(1)：31－38］

Yu Y, Zhang AS, Yan YH, 2000. Study on biology and ecology of *Orius sauteri*. In：Abstracts of the National Academic Seminar on Biological Control and the Eighth Symposium on Insecticidal Microorganisms, Zhuhai, Guangdong.［于毅，张安盛，严毓骅，2000. 东亚小花蝽生物学和生态学特性的研究. 见：全国生物防治暨第八届杀虫微生物学术研讨会论文摘要集，广东珠海］

Zhang CR, Zhi JR, Mo LF, 2012. The influence of 4 species of preys on the development and fecundity of *Orius similis* Zheng. *Acta Ecologica Sinica*, 32(18)：5646－5652.［张昌荣，郅军锐，莫利锋，2012. 四种猎物对南方小花蝽生长发育和繁殖的影响. 生态学报，32(18)：5646－5652］

Zhang CR, Zhi JR, Zheng SS, Zhao Q, Yang TT, 2010. Effects of hydromel on development and reproduction of *Orius similis*. *Guizhou Agricultural Sciences*, 38(8)：96－99.［张昌荣，郅军锐，郑姗姗，赵倩，杨庭婷，2010. 添加蜂蜜水对南方小花蝽生长发育和繁殖的影响. 贵州农业科学，38(8)：96－99］

Zhang SC, Zhou XM, Wang XP, Lei CL, 2008. Oviposition on preference of *Orius similis* and preservation condition of eggs. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(4)：600－603.［张士昶，周兴苗，王小平，2008. 南方小花蝽对寄主植物的产卵选择性及其卵的保存条件. 昆虫知识，45(4)：600－603］

Zhang SZ, Wu L, Xu XL, Hua BZ, 2006. Predation of *Orius minutus* on *Odontothrips loti*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 17(7)：1259－1263.［张世泽，吴林，许向利，花保祯，2006. 小花蝽对牛角花齿蓟马的捕食作用. 应用生态学报，17(7)：1259－1263］

Zhi JR, 2002. The reproductive life table of *Polyphagotarsonemus latus*. *Entomological Knowledge*, 39(3)：199－202.［郅军锐，2002. 侧多食跗线螨实验种群繁殖特征生命表. 昆虫知识，39(3)：199－202］

Zhi JR, Zheng SS, Zhang CR, Liu FJ, 2011. The predation of *Orius similis* to *Frankliniella occidentalis* and *Aphis craccivora*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(3)：573－578.［郅军锐，郑珊珊，张昌荣，刘丰姣，2011. 南方小花蝽对西花蓟马和蚕豆蚜的捕食作用. 应用昆虫学报，48(3)：573－578］

（责任编辑：赵利辉）